

**Micronutrientes no Solo sob Diferentes
Fitofisionomias no Pantanal da Nhecolândia,
Mato Grosso do Sul**



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 114

Micronutrientes no Solo sob Diferentes Fitofisionomias no Pantanal da Nhecolândia, Mato Grosso do Sul

Diego Antonio França de Freitas
Evaldo Luis Cardoso
Marx Leandro Naves Silva
Sandra Aparecida Santos

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Pantanal

Rua 21 de Setembro, 1880, CEP 79320-900, Corumbá, MS
Caixa Postal 109
Fone: (67) 3234-5800
Fax: (67) 3234-5815
Home page: www.cpap.embrapa.br
E-mail: sac@cpap.embrapa.br

Comitê Local de Publicações:

Presidente: *Suzana Maria de Salis*
Membros: *Ana Maria Dantas Maio*
André Steffens Moraes
Vanderlei Doniseti Acastio dos Reis
Viviane de Oliveira Solano
Secretária: *Eliane Mary P. de Arruda*

Supervisora editorial: *Suzana Maria de Salis*
Normalização bibliográfica: *Viviane de Oliveira Solano*
Tratamento de ilustrações: *Eliane Mary P. de Arruda*
Foto da capa: *Sandra Aparecida Santos*
Editoração eletrônica: *Eliane Mary P. de Arruda*
Disponibilização na home page: *Marilisi Jorge Cunha*

1ª edição

1ª impressão (2011): formato digital

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Pantanal

Micronutrientes no solo sob diferentes fitofisionomias no Pantanal da Nhecolândia, Mato Grosso do Sul. [recurso eletrônico] / Diego Antonio França de Freitas... [et al.]. – Dados eletrônicos – . Corumbá: Embrapa Pantanal, 2011.

15 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Pantanal, ISSN 1981-7215; 114).

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: <http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/BP114.pdf>

Título da página da Web: (acesso em 30 dez. 2011).

1. Solo. Vegetação nativa. I. Freitas, Diego Antonio França de. II. Cardoso, E. L. III. Silva, M. L. N. IV. Santos, S. A. V. Título. VI. Embrapa Pantanal. VII. Série.

CDD 631.4 (21. ed.)

© Embrapa 2011

Sumário

Resumo	5
Abstract.....	6
Introdução	7
Material e Métodos	7
Resultados e Discussão	9
Conclusões	13
Referências	13

Micronutrientes no Solo sob Diferentes Fitofisionomias no Pantanal da Nhecolândia, Mato Grosso do Sul

Diego Antonio França de Freitas¹

Evaldo Luis Cardoso²

Marx Leandro Naves Silva³

Sandra Aparecida Santos⁴

Resumo

O Pantanal da Nhecolândia é caracterizado por uma elevada diversidade de unidades de vegetação que apresentam diferenças na fertilidade do solo. O presente estudo objetivou avaliar a disponibilidade de micronutrientes do solo sob as diferentes fitofisionomias desta região. Amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0-10 cm, para avaliação da disponibilidade de zinco, ferro, manganês, cobre, boro e sódio, em sete fitofisionomias sujeitas a diferentes regimes de inundação: a) livres de inundação - floresta semidecídua e cerrado; b) sujeitas a inundação ocasional – cerrado/campo cerrado e campo limpo com predominância de *Elionurus muticus*; c) sujeita a inundação sazonal - campo limpo com predominância de *Axonopus purpusii* e *Andropogon* spp.; bordas de baías e “vazantes”/“baixadas”. Os micronutrientes apresentaram elevada variação de disponibilidade no solo, com exceção do cobre, que obteve resultados estatisticamente iguais entre todas as fitofisionomias. A matéria orgânica do solo foi a principal responsável pela disponibilidade de micronutrientes nos solos arenosos do Pantanal e destaca-se como fonte de reserva de nutrientes nestes ecossistemas.

Termos de indexação: vegetação nativa, matéria orgânica, pH do solo.

¹ Doutorando em Ciência do Solo/UFLA, Caixa Postal 37, CEP 37200-000, Lavras, MG. diego_ufla@yahoo.com.br

² Agrônomo, Dr., Embrapa Pantanal, Caixa Postal 109, 79320-900, Corumbá, MS. evaldo@cpap.embrapa.br

³ Agrônomo, Dr, DCS/UFLA,, Caixa Postal 37, CEP 37200-000, Lavras, MG. marx@dcs.ufla.br,

⁴ Zootecnista, Dra, Embrapa Pantanal, Caixa Postal 109, 79320-900, Corumbá, MS. sasantos@cpap.embrapa.br

Micronutrients in the Soil Under Different Vegetation Types in the Pantanal of the Nhecolândia, Mato Grosso do Sul

Abstract

*The Pantanal of the Nhecolândia is characterized by a high diversity of vegetation units that differ in soil fertility. This study aimed to assess the availability of micronutrients in the soil under different vegetation types from this region. Soil samples were collected at 0-10 and 10-20 cm depths, to evaluate the availability of zinc, iron, manganese, copper, boron and sodium, in seven different vegetation types subject to different flooding regimes: a) flooding free – semideciduous forest and forested savannah; b) subject to occasional flooding – savannah/arboreal savannah and tropical grassland with predominance of *Elionurus muticus*; c) subject to seasonal flooding - tropical grassland with predominance of *Axonopus purpusii* and *Andropogon* spp.; edge of ponds and temporary channels and lowlands. The availability of micronutrients in the soil showed high variability, with the exception of copper, which obtained statistically equal results among all forest types. The soil organic matter was primarily responsible for the availability of micronutrients in sandy soils of the Pantanal and stands as a source of reserve nutrients in these ecosystems.*

Index terms: native vegetation, organic matter, soil pH

Introdução

As interações entre os fatores bióticos e abióticos no Pantanal resultaram em grande heterogeneidade de paisagens, de tal forma que são reconhecidos a existência de diferentes pantanais (sub-regiões), conforme aspectos relacionados ao nível de inundação, relevo, solo e vegetação (SILVA; ABDON, 1998). O Pantanal da Nhecolândia, situado no leque aluvial do rio Taquari, com área de aproximadamente 26.000 km², apresenta um sistema de distribuição da vegetação muito singular, com unidades de vegetação dispostas em mosaicos, alternando cerradões e florestas estacionais nas “cordilheiras”; campos úmidos e sazonais, nas partes alagáveis e circulando lagoas; e cerrados e campos, nas partes intermediárias do relevo (RODELA et al., 2008). A dinâmica da água nos solos está intimamente relacionada com as diferenças topográficas, que condicionam a duração do alagamento e os níveis específicos do lençol freático em cada unidade de paisagem, com influência marcante no aspecto da vegetação (CARDOSO et al., 2010).

Nesse ambiente marcado por grande diversidade ambiental, estudos relacionados à disponibilidade de micronutrientes do solo nas diversas fitofisionomias são escassos na literatura. Há relatos sobre deficiências de micronutrientes em solos arenosos ácidos, desenvolvidos de sedimentos fluviais provenientes da decomposição de arenitos, como é o caso do Pantanal (BRUM et al., 1980; CUNHA, 1985). Em levantamento de nutrientes no solo, planta e animal, Brum et al. (1980) relataram baixos níveis de zinco e cobre nos solos da sub-região dos Paiaguás. Dynia e Cunha (1984), em trabalhos de casa de vegetação, não encontraram respostas aos micronutrientes zinco, boro e cobre, em solos arenosos do Pantanal, e em experimento de campo, não encontraram resposta da *Brachiaria decumbens* aos micronutrientes cobre e zinco. Assim, estes autores supõem que exista um equilíbrio nutricional entre o solo do Pantanal e a vegetação, em que o ferro e o magnésio, este último ocasionalmente, estão em teores elevados no meio, e que os demais micronutrientes existam em suficiência para a vegetação nativa, nas áreas de solos arenosos, como na Nhecolândia.

A disponibilidade dos micronutrientes no solo está associada principalmente a superfície inorgânica, óxidos, minerais primários, solução do solo, matéria orgânica e pH do solo (SHUMAN, 1991), sendo que o comportamento dos micronutrientes nas frações do solo é fortemente influenciado pelas características do meio, o que tornam a sua dinâmica mais complexa. A natureza e intensidade dos fenômenos relacionados a esses fatores variam conforme as características do solo e o micronutriente em questão (RESENDE, 2009). Segundo Kirkby e Römheld (2007), apesar das baixas concentrações dentro dos tecidos e dos órgãos das plantas, os micronutrientes são fundamentais para o crescimento e o desenvolvimento destas, pois agem como constituintes de parede celular (boro), de membrana celular (boro e zinco), de enzimas (ferro, manganês e cobre), ativadores enzimáticos (manganês e zinco) e atuam na fotossíntese (ferro, cobre e manganês).

Entretanto, em decorrência da relativa escassez de trabalhos de pesquisa com micronutrientes nos diversos enfoques pertinentes, muito ainda está por ser estudado, sendo necessário o aprimoramento de informações e pesquisas de base sobre a disponibilidade de micronutrientes nas diversas regiões (RESENDE, 2003). Neste contexto, objetivou-se neste trabalho avaliar a disponibilidade de micronutrientes no solo sob diferentes fitofisionomias na sub-região da Nhecolândia, Pantanal Sul Mato-Grossense.

Material e Métodos

O trabalho foi conduzido na fazenda Nhumirim, área experimental da Embrapa Pantanal, cuja paisagem é bastante representativa da parte mais alta da sub-região da Nhecolândia. As unidades de paisagem foram caracterizadas por Santos et al. (2002a), conforme descrição na Tabela 1, e delimitadas em uma invernada de 151 ha, situada entre 18°59'06" e 19°00'06" de latitude Sul e 56°39'40" e 56°40'40" de longitude Oeste. A área de estudo está sujeita à inundações de menores intensidades que outras áreas da Nhecolândia, sendo que quando ocorrem são geralmente de origem pluvial e com pequena influência de inundação fluvial, apenas na sua parte norte (SANTOS, 2001).

O solo das diferentes fitofisionomias foi classificado como Neossolo Quartzarênico (SANTOS et al., 2006), com caráter hidromórfico naquelas sujeitas à inundação sazonal, VB e BB, sendo que a caracterização granulométrica (BAZZO, 2011), pH e matéria orgânica (CARDOSO, 2008) são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 1. Descrição das fitofisionomias ocorrentes na sub-região da Nhecolândia, Pantanal, MS.

Fitofisionomias	Caracterização
FS – floresta semidecídua (“mata”)	Área não inundável – com poucas espécies forrageiras no seu interior, com predominância da palmeira acuri (<i>Attalea phalerata</i>). Nas bordas, ocorre uma diversidade de espécies como <i>Arrabidaea</i> sp., <i>Cecropia pachystachya</i> e <i>Smilax fluminensis</i> .
CE – savana florestada (“cerradão”)	Área não inundável – vegetação xeromorfa sobre cordões arenosos (antigos diques fluviais), cuja composição florística é bastante heterogênea, destacando-se as espécies <i>Attalea phalerata</i> , <i>Diospyros hispida</i> , <i>Annona dioica</i> .
CC – savana arbórea (“campo cerrado”)	Área sujeita à inundação ocasional (somente em grandes cheias) – zona transicional entre cerrado e campo limpo, de formação natural ou antropizada. As espécies são esparsamente distribuídas sobre um estrato herbáceo (<i>Mesosetum chaseae</i> e <i>Axonopus purpusii</i> , etc.), entremeadado de plantas lenhosas (<i>Byrsonima orbygniana</i> , <i>Curatella americana</i> e <i>Annona dioica</i> , etc.)
CLE – savana gramíneo-lenhosa (“caronal”)	Área sujeita à inundação ocasional – área de campo com predominância de capim carona (<i>Elionurus muticus</i>).
CLA – savana gramíneo-lenhosa (“campo limpo”)	Área sujeita à inundação periódica – situada em mesorelevo um pouco mais baixo que o anterior, com predominância de <i>Axonopus purpusii</i> e <i>Andropogon</i> spp.
BB – borda de lagoas permanentes	Área sujeita à inundação periódica – varia de acordo com a precipitação e o nível da inundação. Predominam espécies como <i>Hymenachne amplexicaulis</i> , <i>Leersia hexandra</i> , <i>Panicum laxum</i> e várias ciperáceas como <i>Eleocharis minima</i> .
VB – “vazantes” e “baixadas”	Área sujeita à inundação periódica – “vazantes” são vias de drenagem não seccionadas, formando extensas áreas periodicamente inundadas, enquanto “baixadas” referem-se aos pequenos desníveis do mesorelevo. Nestas áreas, ocorrem gramíneas hidrófilas como <i>Panicum laxum</i> , <i>Setaria geniculata</i> e várias ciperáceas como <i>Rhynchospora trispicata</i>

Fonte: Santos et al. (2002a)

A amostragem do solo para avaliação dos micronutrientes foi realizada a partir de três transectos de 100 metros em cada área e consistiu de coletas compostas de cinco subamostras nas profundidades de 0-10 cm, com três repetições. As amostras foram secas ao ar e passadas em peneiras de 2 mm de diâmetro para obtenção da terra fina seca ao ar. Os teores de zinco (Zn), ferro (Fe), manganês (Mn) e cobre (Cu) foram determinados por espectrometria de absorção atômica (CLAESSEN, 1997); o boro (B) foi mineralizado por via seca e dosado por colorimetria (MALAVOLTA et al., 1997) e o sódio (Na) foi determinado por fotometria de emissão de chama (CLAESSEN, 1997). O sódio não é considerado um nutriente de plantas, porém este foi adicionado ao estudo por possuir uma alta variabilidade nos solos do Pantanal.

Tabela 2. Valores de pH, matéria orgânica e granulometria do solo sob diferentes fitofisionomias na sub-região da Nhecolândia, Pantanal Sul-Mato-Grossense.

Fitofisionomia	pH	Matéria Orgânica	Areia	Silte	Argila
	H ₂ O	g kg ⁻¹	Profundidade de 0-10 cm		
FS	6,55	16,35	860	90,0	50,0
CE	5,05	9,20	920	50,0	30,0
CC	5,05	5,85	940	10,0	50,0
CLE	5,65	9,00	910	40,0	50,0
CLA	5,35	9,20	830	100	70,0
BB	4,90	14,15	920	30,0	50,0
VB	5,40	9,65	910	40,0	50,0

FS: floresta semidecídua; CE: cerradão; CC: cerrado/campo cerrado; CLE: campo limpo com predominância de *Elionurus muticus*; CLA: campo limpo com predominância de *Axonopus purpusii* e *Andropogon* spp.; BB: bordas de baías; VB: “vazantes”/“baixadas”.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, conforme os procedimentos do SISVAR (FERREIRA, 2000), adotando-se o delineamento experimental inteiramente casualizado com três repetições. As comparações múltiplas de médias foram realizadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Os micronutrientes apresentaram elevada variação de disponibilidade no solo, para a camada de 0-10 cm, com exceção do cobre, que obteve resultados significativamente iguais entre todas as fitofisionomias (Tabela 3). A alta variabilidade dos micronutrientes no solo está relacionada a diversos fatores, com destaque para o pH e a matéria orgânica do solo (Tabela 2).

Tabela 3. Disponibilidade de micronutrientes no solo sob diferentes fitofisionomias na sub-região da Nhecolândia, Pantanal Sul-Mato-Grossense.

Fitofisionomia	Zn	Fe	Mn	Cu	B	Na
	mg kg ⁻¹					
Profundidade de 0-10 cm						
FS	1,45 a	6,82 b	131,27 a	1,15 a	0,42 a	2,13 b
CE	0,22 b	46,83 b	37,52 b	1,00 a	0,58 a	1,65 b
CC	0,20 b	22,95 b	14,38 b	0,02 a	0,18 b	0,90 b
CLE	0,17 b	264,30 a	26,00 b	0,02 a	0,40 a	1,67 b
CLA	0,17 b	47,82 b	27,88 b	0,18 a	0,13 b	1,52 b
BB	0,25 b	196,95 a	11,65 b	0,07 a	0,52 a	3,08 a
VB	0,15 b	234,57 a	33,05 b	0,08 a	0,32 b	3,25 a

FS: floresta semidecídua; CE: cerradão; CC: cerrado/campo cerrado; CLE: campo limpo com predominância de *Elionurus muticus*; CLA: campo limpo com predominância de *Axonopus purpusii* e *Andropogon* spp.; BB: bordas de baías; VB: "vazantes"/"baixadas". Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Os teores de zinco variaram de 0,15 a 1,45 mg kg⁻¹, podendo ser classificado, segundo Alvarez V. et al. (1999), com disponibilidade média na fitofisionomia FS e muito baixa nas demais fitofisionomias. Em geral, maiores teores de zinco são observados na camada superficial do solo, sendo que este elemento possui baixa mobilidade no perfil do solo, determinada pela sua retenção nas cargas negativas das superfícies dos colóides do solo, formando ligações mais estáveis (FAQUIN, 2005). Os maiores teores de zinco na FS podem ser atribuídos ao maior aporte de resíduos orgânicos na serrapilheira, proveniente de uma vegetação mais densa e diversificada desta fitofisionomia.

Com o aumento do pH ocorre redução da disponibilidade de zinco (FURTINI NETO et al., 2001; ABREU et al., 2007), porém, no presente estudo, devido ao elevado teor de matéria orgânica na fitofisionomia FS, a maior disponibilidade de zinco ocorreu no pH 6,5 (Figura 1A). Solos com maiores teores de matéria orgânica proporcionam maior disponibilidade de zinco (Figura 1B), uma vez que a matéria orgânica é uma das principais fontes deste nutriente no solo (ZANÃO JÚNIOR et al., 2007), por ocorrer em formas complexadas ou quelados com radicais orgânicos (FURTINI NETO et al., 2001).

Nas diferentes fitofisionomias estudadas, o ferro apresentou uma ampla faixa de disponibilidade, variando de muito baixo a alto (ALVAREZ V. et al., 1999), sendo que as fitofisionomias BB, VB e CLE apresentaram os maiores valores de ferro, correspondendo a 196,95; 234,57 e 264,30 mg kg⁻¹, respectivamente. As áreas que permanecem inundadas por maiores períodos do ano, como as fitofisionomias BB e VB, apresentaram elevada disponibilidade de ferro, pois estas fitofisionomias apresentam uma condição de anaerobiose, com isto, ocorre a redução do Fe³⁺ para Fe²⁺, resultando em um aumento da solubilidade e disponibilidade deste micronutriente (ABREU et al., 2007). A alta disponibilidade de ferro tem sido comum em condições muito redutoras, como na cultura do arroz irrigado (BARBOSA FILHO et al., 1983), de gramíneas submetidas ao estresse hídrico por alagamento (COSTA, 2004) e em condições especiais, como em soja cultivada em Latossolos após períodos de intensa pluviosidade (BATAGLIA; MASCARENHAS, 1981).

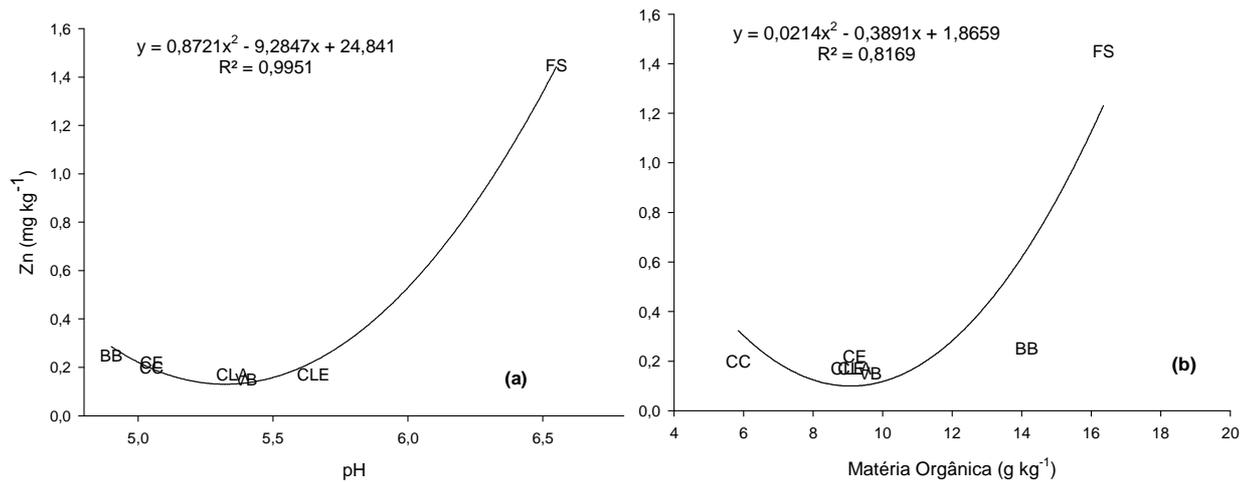


Figura 1. Disponibilidade de zinco em função pH (A) e matéria orgânica do solo (B), em diferentes fitofisionomias na sub-região da Nhecolândia, Pantanal Sul-Mato-Grossense.

A baixa disponibilidade de ferro encontrada na FS pode estar relacionada aos maiores valores de pH desta fitofisionomia, haja vista que a disponibilidade deste micronutriente é maior em condições de solos mais ácidos (BARBOSA FILHO et al., 1983; FREIRE et al., 1985; FISCHER et al., 1990). Porém, no presente estudo, devido à condição de alagamento durante épocas do ano a que algumas fitofisionomias estão sujeitas, alterando assim o comportamento do ferro no solo, pode ter contribuído para as baixas correlações com o pH (Figura 2A) e a matéria orgânica (Figura 2B). O ferro forma complexos ou quelados com os radicais orgânicos, o que aumenta a disponibilidade deste micronutriente para as plantas, porém em solos com teores elevados de matéria orgânica, o ferro pode ser retido irreversivelmente em compostos orgânicos, principalmente ácidos húmicos (FURTINI NETO et al., 2001), reduzindo assim a sua disponibilidade (Figura 2B).

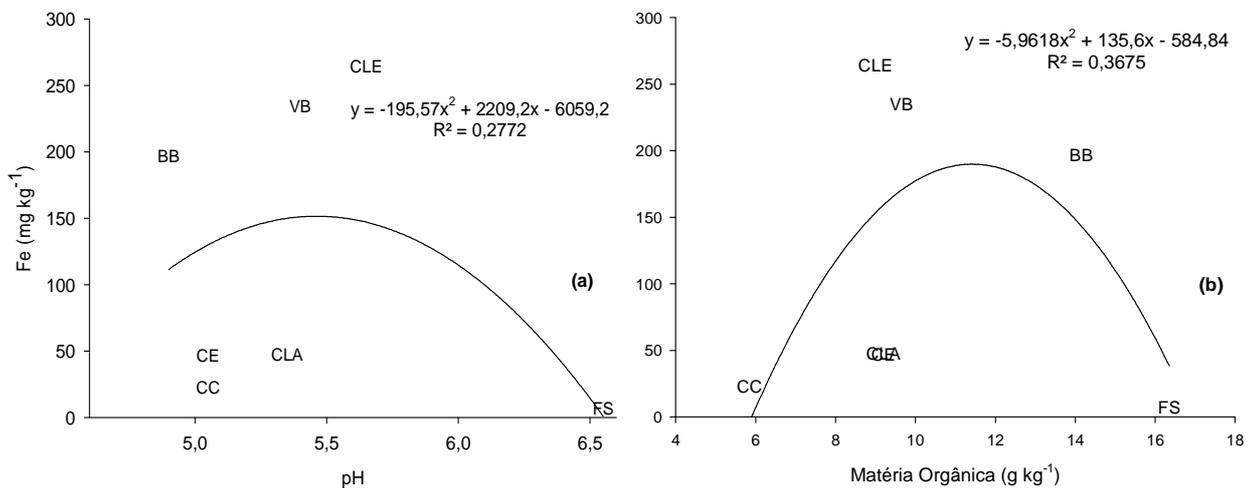


Figura 2. Disponibilidade de ferro em função pH (A) e matéria orgânica do solo (B), em diferentes fitofisionomias na sub-região da Nhecolândia, Pantanal Sul-Mato-Grossense.

A disponibilidade de manganês no solo das diferentes fitofisionomias (Tabela 3) é considerada como alta (ALVAREZ V. et al., 1999), com exceção da fitofisionomia BB que foi considerada boa. Porém, apenas a FS apresentou disponibilidade de manganês significativamente superior às demais fitofisionomias. Assim como para o zinco, os maiores teores de manganês na FS podem ser atribuídos ao maior aporte de resíduos orgânicos na serrapilheira, proveniente de uma vegetação mais densa e diversificada, haja vista que estes micronutrientes são complexados a compostos orgânicos no solo, soma-se a isso uma possível maior capacidade desta fitofisionomia de fazer uma eficiente biociclagem do zinco e manganês. Apesar da BB apresentar alto teor de matéria orgânica, esta fitofisionomia apresentou baixos teores de manganês. Abreu et al. (2007) afirmam que áreas com alto teor de umidade, como é o caso da BB, podem apresentar deficiências de manganês pronunciadas, pois ocorre a formação de sulfeto de manganês, tornando o elemento indisponível para as culturas. Santos et al. (2002b) encontraram elevados teores de manganês em solos e gramíneas do Pantanal, chegando a níveis que podem ser tóxicos, sobretudo no final da época chuvosa, visto que durante a inundação ocorrem reações de redução (Mn^{4+} para Mn^{2+}) e modificação do pH, proporcionando aumento da disponibilidade deste nutriente na solução do solo (VAHL, 1991).

A concentração de manganês na solução do solo reduz com o aumento do pH do solo (FURTINI NETO et al., 2001). Porém, no presente estudo, esta redução não foi observada (Figura 3A), pois o maior valor de pH foi encontrado na fitofisionomia FS, que apresenta elevado teor de matéria orgânica. De acordo com Faquin (2005), a matéria orgânica complexa aproximadamente 90% do Mn do solo, sendo assim em solos com valores de pH elevados, a matéria orgânica é dissociada e proporciona a liberação do manganês, aumentando sua concentração na solução do solo (Figura 3B).

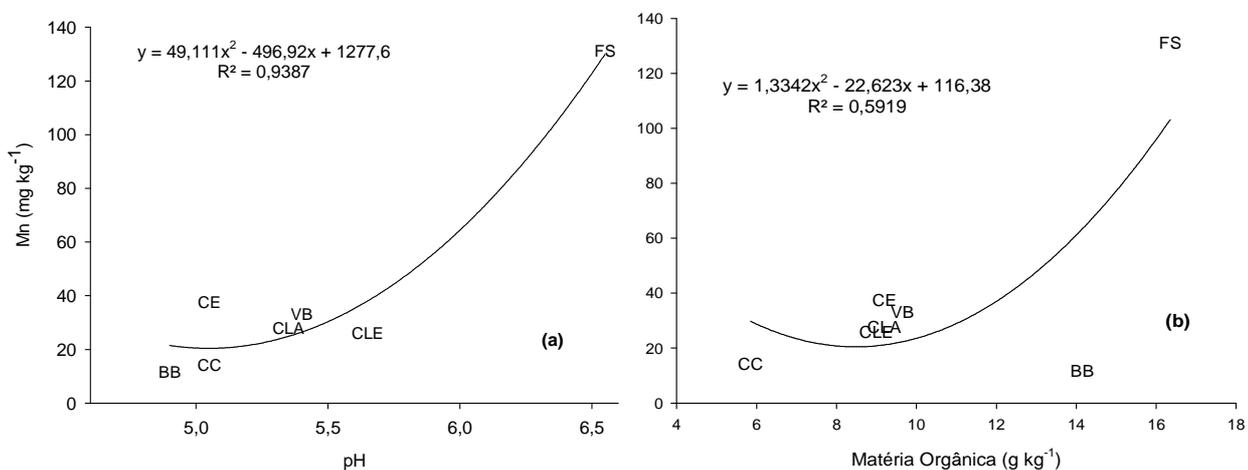


Figura 3. Disponibilidade de manganês em função pH (A) e matéria orgânica do solo (B), em diferentes fitofisionomias na sub-região da Nhecolândia, Pantanal Sul-Mato-Grossense.

As diferentes fitofisionomias não apresentaram diferenças significativas para a disponibilidade de cobre no solo (Tabela 3). A baixa disponibilidade do cobre ocorre por ser este elemento fortemente retido por radicais orgânicos e óxidos hidratados de Fe e Al (FURTINI NETO et al., 2001), devido a isto, muitas vezes este elemento é considerado não-trocável e o seu teor no solo é reduzido e não varia entre os diferentes ambientes, podendo ser este o caso do presente estudo.

Como relatado para o manganês e zinco, o aumento do pH tende a reduzir a disponibilidade de cobre, porém, no presente estudo, a fitofisionomia FS apresentou maior valor de pH e maior teor de matéria orgânica, o que contribuiu para que ocorresse maior disponibilidade de cobre nesta fitofisionomia, proporcionando assim menor correlação entre pH e disponibilidade de cobre (Figura 4A). Áreas com alto teor de matéria orgânica tendem a apresentar maior disponibilidade de cobre, pois este micronutriente complexa-se com compostos orgânicos solúveis de baixo peso molecular (STEVENSON; ARDAKANI, 1972), aumentando assim a mobilidade e disponibilidade deste elemento para as plantas (ABREU et al., 2007). Porém, no presente estudo não existiu uma boa correlação entre a disponibilidade de cobre e o teor de matéria orgânica do solo, pois as fitofisionomias livres de inundação, FS e CE, apresentaram maiores teores de cobre e as fitofisionomias com inundação ocasional, BB e VB, mesmo com elevados teores de matéria orgânica apresentaram baixa disponibilidade de cobre (Figura 5B). Desta forma, a disponibilidade deste elemento no solo pode estar relacionada com os ciclos de cheia e seca no Pantanal.

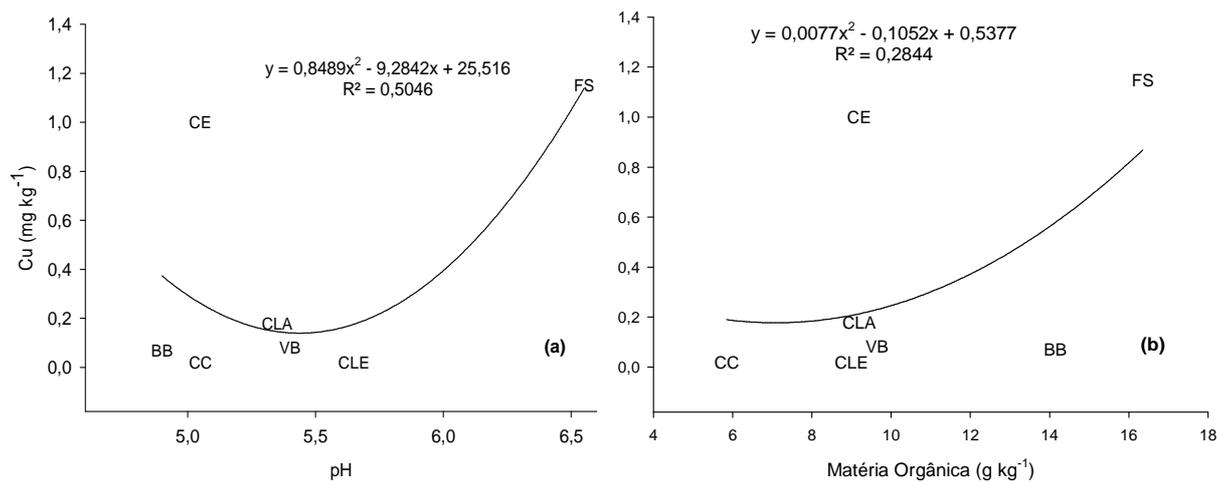


Figura 4. Disponibilidade de cobre em função pH (A) e matéria orgânica do solo (B), em diferentes fitofisionomias na sub-região da Nhecolândia, Pantanal Sul-Mato-Grossense.

O boro apresentou maior disponibilidade nas fitofisionomias CE, BB, FS e CLE, com valores correspondentes a 0,58; 0,52; 0,42 e 0,40 mg kg⁻¹, respectivamente, sendo assim classificados com média disponibilidade (ALVAREZ V. et al., 1999). O boro ocorre na solução do solo na forma de ácido bórico não dissociado, H₃BO₃, sendo o único nutriente que ocorre na forma neutra (FURTINI NETO et al., 2001). Segundo Abreu et al. (2007), condições de alta pluviosidade e alta lixiviação reduzem a disponibilidade de boro, principalmente em solos mais arenosos, como no Neossolo Quartzarênico do presente estudo.

Conforme Abreu et al. (2007), as condições de seca reduzem a disponibilidade de boro para as plantas, sendo esta deficiência reduzida quando a umidade do solo é adequada. Dois fatores explicam esse comportamento: a matéria orgânica (Figura 5A), importante fonte de boro para o solo, tem sua decomposição diminuída, liberando menos boro para a solução do solo, e (Figura B) condições de seca reduzem o transporte de boro no solo e o crescimento das raízes, provocando a menor exploração do volume do solo, o que leva à menor absorção de nutrientes, inclusive de boro.

A distribuição do boro entre as fases líquida e sólida é dependente do teor de matéria orgânica, umidade e pH do solo, sendo este último o mais importante fator da solução do solo que afeta a disponibilidade de boro (SOARES et al., 2008). Geralmente, este elemento torna-se menos disponível com o aumento do pH da solução do solo, porém, no presente estudo, devido ao elevado teor de matéria orgânica da FS, no pH próximo a 6,5 ocorreu uma média disponibilidade de boro (Figura 6a), o que reduziu a correlação entre pH e disponibilidade de boro. A duração da inundação em cada fitofisionomia parece influenciar mais a disponibilidade de boro que o teor de matéria orgânica, pois a fitofisionomia BB apresentou menor teor de matéria orgânica e maior disponibilidade de boro que a FS, proporcionando assim baixa correlação entre matéria orgânica do solo e disponibilidade de boro (Figura 6B).

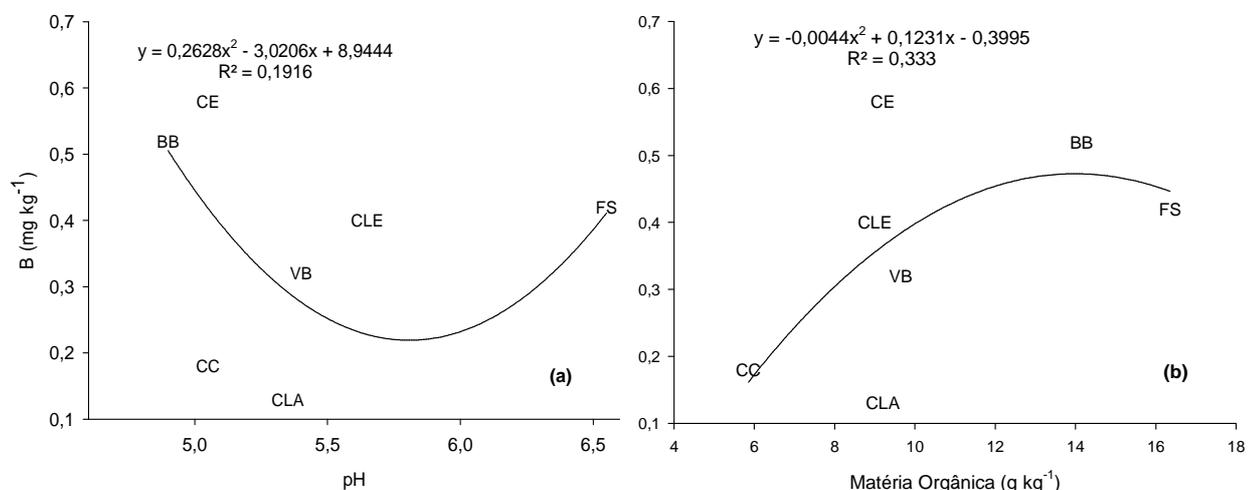


Figura 5. Disponibilidade de boro em função pH (A) e matéria orgânica do solo (B), em diferentes fitofisionomias na sub-região da Nhecolândia, Pantanal Sul-Mato-Grossense.

O sódio não é considerado nutriente essencial para as plantas, por isto não é necessário uma classificação para interpretação da disponibilidade deste elemento. Porém, para Marschner (1986), o papel do sódio na nutrição mineral de plantas superiores pode ser considerado como essencial, ou como substituto do potássio em algumas funções metabólicas e osmóticas.

As áreas de VB e BB, sujeitas a inundação periódica, apresentaram teores de sódio superiores as demais áreas (Tabela 3), com valores de 3,25 e 3,08 mg kg⁻¹, respectivamente. A disponibilidade de sódio no solo não apresentou relação com os teores de pH e reduzida relação com o teor de matéria orgânica (Figura 6A e 6B).

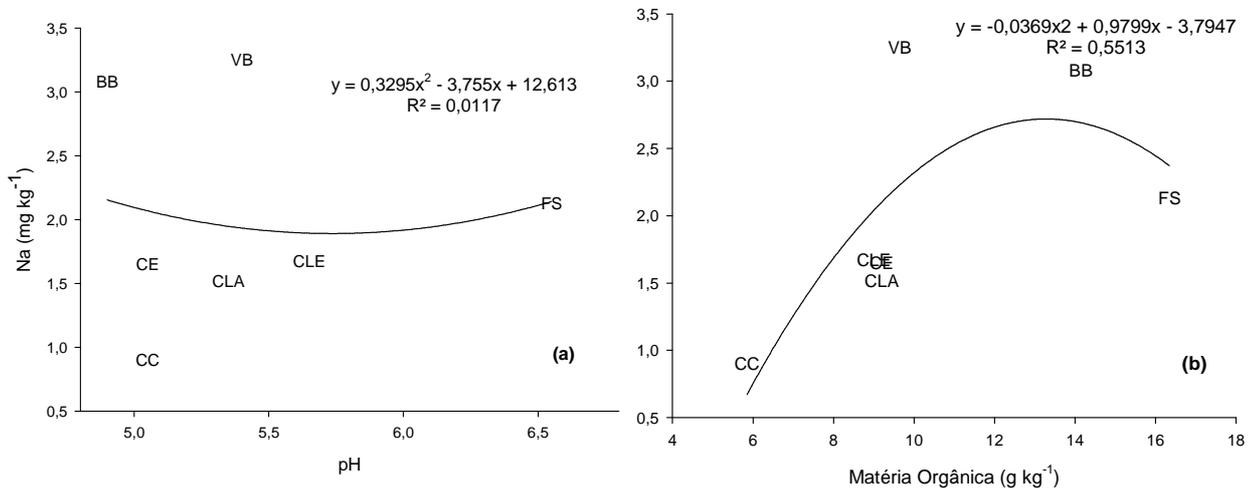


Figura 6. Disponibilidade de sódio em função pH (A) e matéria orgânica do solo (B), em diferentes fitofisionomias na sub-região da Nhecolândia, Pantanal Sul-Mato-Grossense.

Conclusões

Os micronutrientes apresentaram elevada variação entre as diversas fitofisionomias do Pantanal da Nhecolândia, com exceção do cobre. Em geral, a floresta semidecídua apresentou maior disponibilidade de micronutrientes, com destaque para maiores teores de zinco, manganês e boro.

Agradecimentos

A Universidade Federal de Lavras e a Embrapa Pantanal pelo apoio institucional e ao CNPq e FUNDECT pelo apoio financeiro.

Referências

ABREU, C. A.; LOPES, A. S.; SANTOS, G. Micronutrientes. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: SBCS. 2007. p. 645 -736.

ALVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F. de.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARAES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H.(Ed.).

Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 25-32.

- BARBOSA FILHO, M. P.; FAGERIA, N. K.; STONE, L. F. Manejo d'água e calagem em relação à produtividade e toxidez de ferro em arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.18, n.8, p.903-910, agosto, 1983.
- BATAGLIA, O. C.; MASCARENHAS, H. A. A. Toxicidade de ferro em soja. **Bragantia**, Campinas, v.40, n.1, p.199 - 203, janeiro, 1981.
- BAZZO, J. C. **Atributos biológicos do solo em diferentes unidades de vegetação do Pantanal de Nhecolândia, Mato Grosso do Sul**. 2011. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- BRUM, P. A. R. de.; SOUZA, J. C. de.; ALMEIDA, I. L. de.; COMASTRI FILHO, J. A.; CUNHA, N. G. da; TULLIO, R. R.; POTT, E. B.; VIEIRA, L. M. **Determinação de macro e microelementos no solo, plantas e animais na sub-região dos Paiguás (parte Centro-Oeste) no Pantanal Matogrossense**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 1980. 10 p. (Circular Técnica. Embrapa Pantanal, 2).
- CARDOSO, E. L. **Qualidade do solo em sistemas de pastagens cultivada e nativa na sub-região da Nhecolândia, Pantanal Sul-Mato-Grossense**. 2008. 153 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.
- CARDOSO, E. L.; SANTOS, S. A.; SILVA, M. L. N.; FERREIRA, M. M.; FREITAS, D. A. F. **Atributos físicos do solo sob diferentes fitofisionomias na sub-região da Nhecolândia, Pantanal Sul-Mato-Grossense**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2010. 13 p. (Boletim de Pesquisa. Embrapa Pantanal, 99).
- CLAESSEN, M. E. C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).
- COSTA, M. N. X. **Desempenho de duas gramíneas forrageiras tropicais tolerantes ao estresse hídrico por alagamento em dois solos húmicos**. 2004. 89f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba. 2004.
- CUNHA, N. G. da. **Dinâmica de nutrientes em solos arenosos no Pantanal Matogrossense**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 1985. 70 p. (Circular Técnica. Embrapa Pantanal, 17).
- DYNIA, J. F.; CUNHA, N. G. da. Identificação de deficiências de nutrientes em solos do Pantanal Mato-Grossense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.1, n.12, p.1449-1455, dez. 1984.
- FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 183 p.
- FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR (Sistema para análise de variância) para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO DA BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2000. p. 255-258.
- FISCHER, R. G.; ELMORI, I. E.; MILAN, P. A.; BISSANI, C. A. Efeito do calcário e fontes de silício sobre a toxidez de ferro em arroz irrigado. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.43, n.390, p.6 -10, 1990.
- FREIRE, F. M.; NOVAIS, R. F.; SOARES, P. C.; COSTA, P. C.; FARIA, E. A. Calagem e adubação orgânica e manejo da água no controle da toxidez de ferro em arroz irrigado. **Revista Ceres**, Viçosa, v.32, n. 180, p.162-169, 1985.
- FURTINI NETO, A. E.; VALE, F. R.; RESENDE, A. V.; GUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G. A. A. **Fertilidade do solo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 252 p.
- KIRKBY, EA; RÖMHELD, V. **Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade**. Tradução: Suzana Oellers Ferreira. Encarte Técnico. Informações Agronômicas nº 118. 2007.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicação**. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1986. 674p.

RESENDE, A.V. **Adubação com micronutrientes no Cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2003. 43 p. (Documentos. Embrapa Cerrados, 80).

RESENDE, A.V. Micronutrientes na agricultura brasileira: disponibilidade, utilização e perspectivas. In: LOUREIRO, F. E. V. L.; MELAMED, R.; FIGUEIREDO NETO, J. (Ed.). **Fertilizantes: agroindústria e sustentabilidade**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT. 2009. p. 369-381.

RODELA, L. G.; SANTOS, S. A.; PELLEGRIN, L. A.; RAVAGLIA, A.; QUEIROZ NETO, J. P.; MAZIN, V. C. **Mapeamento de unidades de paisagem em nível de fazenda, Pantanal da Nhecolândia**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2008. 23 p. (Boletim de Pesquisa. Embrapa Pantanal, 83).

SANTOS, H. G. dos.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. da (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

SANTOS, S. A. **Caracterização dos recursos forrageiros nativos da sub-região da Nhecolândia, Pantanal, Mato-Grosso do Sul, Brasil**. 2001. 190 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

SANTOS, S. A.; POTT, E. B.; COMASTRI FILHO, J. A.; CRISPIM, S. M. **Forrageamento e nutrição mineral de bovinos de corte no Pantanal**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2002b. 29p. (Documentos. Embrapa Pantanal, 39).

SANTOS, S. A.; COSTA, C.; SOUZA, G. S.; POTT, A.; ALVAREZ, J. M.; MACHADO, S. R. Composição Botânica da Dieta de Bovinos em Pastagem Nativa na Sub-Região da Nhecolândia, Pantanal. **Revista Brasileira Zootecnia**, Piracicaba, v.31, n.4, p.1648-1662, jul./ago. 2002a.

SHUMAN, L. M. Chemical forms of micronutrients in soils. In: MORTVEDT, J. J.; COX, F. R.; SHUMAN, L. M.; WELCH, R. M. (Ed.). **Micronutrients in agriculture**. 2. ed. Madison: Soil Science Society of America, 1991. p.113-144.

SILVA, J. S. V.; ABDON, M. M. Delimitação do Pantanal brasileiro e suas sub-regiões. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.33, n. esp., p. 1703-1711, 1998.

SOARES, M. R.; CASAGRANDE, J. C.; ALLEONI, L. R. F. Adsorção de boro em solos ácidos em função da variação do pH. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n.1, p. 111-120, 2008.

STEVENSON, F. J.; ARDAKANI, M. S. Organic matter reactions involving micronutrients in soils. In: MORTVEDT, J. J.; GIORDANO, P. M.; LINSDESAY, W. L. (Ed.). **Micronutrients in agriculture**. Madison: Soil Science of America, 1972. p. 79-114.

VAHL, L. C. **Toxidez de ferro em genótipos de arroz irrigado por alagamento**. 1991. 173f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

ZANÃO JÚNIOR, L. A.; LANA, R. M. Q.; GUIMARÃES, E. C. Variabilidade espacial do pH, teores de matéria orgânica e micronutrientes em profundidades de amostragem num Latossolo Vermelho sob semeadura direta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 4, p. 1000-1007, 2007.



Pantanal

Ministério da
**Agricultura, Pecuária
e Abastecimento**

